

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-031588

(43)Date of publication of application : 31.01.2003

(51)Int.Cl.

H01L 21/336  
G09F 9/30  
H01L 21/28  
H01L 21/3205  
H01L 29/786  
H05B 33/10  
H05B 33/14

(21)Application number : 2001-219304

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 19.07.2001

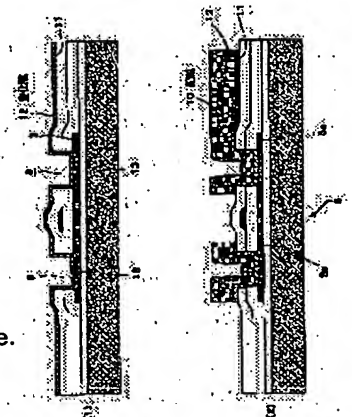
(72)Inventor : TERAJIMA HIDENOBU

## (54) MANUFACTURING METHOD FOR THIN-FILM SEMICONDUCTOR DEVICE, AND MANUFACTURING METHOD FOR DISPLAY DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a manufacturing method for a thin-film transistor which has superior  $I_{ds}$  characteristics, while being predominant for making the thin-film transistor fine and the resistance of contact with a wire being stable.

**SOLUTION:** A connection hole 8, which reaches a silicon thin-film layer 3 of the thin-film transistor 6, is formed in a 2nd insulation film 4 and on the 3rd insulation film 7, a 3rd insulation film 7 covering the thin-film transistor 6 formed on a substrate 1 and a titanium-based material film 11 is formed, covering the internal wall of the connection hole 8. Then a nitride film 12 is formed, by nitrifying the titanium-based material film 11 from the top-surface side, by carrying out heat treatment in a nitrogen gas atmosphere. At this time, hydrogen gas is added to the nitrogen gas atmosphere, and the heat treatment is carried out; then a wiring material film is formed on the nitride film 12 and patterned so as to form a wire 15.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Not Available Copy

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The process which forms the connection hole which attains the thin film transistor formed on the substrate in the silicon thin film layer of the thin film transistor concerned at a wrap insulator layer, and forms the titanium system ingredient film for the wall of the connection hole concerned on said insulator layer in the state of a wrap, In the manufacture approach of thin film semiconductor equipment of performing the process which is made nitriding said titanium system ingredient film from a front-face side, and forms a nitride by heat-treating in nitrogen-gas-atmosphere mind, and the process which forms the wiring material film on said nitride The manufacture approach of the thin film semiconductor equipment characterized by adding hydrogen gas in said nitrogen-gas-atmosphere mind at the process which forms said nitride.

[Claim 2] The manufacture approach of the thin film semiconductor equipment characterized by adding said hydrogen-gas at a 3atms(es)% - 5atms% rate in the manufacture approach of thin film semiconductor equipment according to claim 1 into the nitrogen-gas-atmosphere mind at the time of performing said heat treatment.

[Claim 3] The manufacture approach of the thin film semiconductor equipment characterized by carrying out the temperature up of said nitrogen-gas-atmosphere mind to heat treatment temperature predetermined with a programming rate quicker than a part for 25-degree-C/in the manufacture approach of thin film semiconductor equipment according to claim 1 in case said heat treatment is performed.

[Claim 4] It is the manufacture approach of the thin film semiconductor equipment characterized by being carried out by said heat treatment carrying out the temperature up of said nitrogen-gas-atmosphere mind to the heat treatment temperature of 250 degrees C - 420 degrees C in the manufacture approach of thin film semiconductor equipment according to claim 1.

[Claim 5] The process which forms the connection hole which attains the thin film transistor formed on the substrate in the silicon thin film layer of the thin film transistor concerned at a wrap insulator layer, and forms the titanium system ingredient film for the wall of the connection hole concerned on said insulator layer in the state of a wrap, The process which is made to nitride said titanium system ingredient film from a front-face side, and forms a nitride by heat-treating in nitrogen-gas-atmosphere mind, In the manufacture approach of a display of performing the process which carries out the wiring material film on said nitride, and the process which is made connecting said wiring material and the titanium system ingredient film to wiring which comes to carry out patterning, and forms an organic EL device The manufacture approach of the display characterized by adding hydrogen gas in said nitrogen-gas-atmosphere mind at the process which forms said nitride.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the manufacture approach of a display of making it coming to connect an organic EL device with the manufacture approach of thin film semiconductor equipment and thin film transistor which come to prepare a thin film transistor on a substrate.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the display which has a drive circuit using a thin film transistor (thin film transistor), the further detailed-ization of the thin film transistor from which high brilliance-ization of image display constitutes a drive circuit with progress of progress is demanded.

[0003] By the way, in thin film semiconductor equipment equipped with the thin film transistor, as a plug ingredient connected to the silicon thin film layer of a thin film transistor, processing is easy and the ingredient of an aluminium alloy system has been used on the grounds that the stable contact to silicon is realizable. However, since the reactivity of aluminum and silicon is very high, a broad aluminum-Si reaction layer will be formed in a contact part in the case of plug formation. For this reason, the thin film transistor needed to be designed and it had become the factor to which this restricts detailed-ization of a thin film transistor so that the source drain width of face in a silicon thin film layer might become large rather than the width of face of the aluminum-Si reaction layer formed.

[0004] Moreover, control of the natural oxidation film of a silicon thin film layer front face exposed at the pars basilaris ossis occipitalis of a connection hole will also be difficult, contact resistance will be strong in a part with the thick natural oxidation film, and, on the other hand, a superfluous aluminum-Si reaction will occur in a part with the thin natural oxidation film. For this reason, it was remarkably difficult to make contact resistance into a fixed value.

[0005] Then, the technique of preventing diffusion of the aluminum into a silicon thin film layer and expansion of an aluminum-Si reaction layer is proposed and carried out by using the nitride of titanium system ingredients, such as titanium and a titanium system alloy, and these titanium system ingredients as a barrier metal.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, when a titanium system ingredient is used as a barrier metal, titanium itself is the matter which carries out occlusion of the hydrogen remarkably. For this reason, it is absorbed by the barrier metal which the hydrogen in a silicon thin film layer becomes from a titanium system alloy, the hydrogen in a silicon thin film layer disappears, and the problem performed when the current (Ids) property of a thin film transistor was degraded remarkably occurs.

[0007] When Ids of a thin film transistor deteriorates, the brightness of an organic EL device falls and it becomes impossible to perform the stable display in the indicating equipment which used the thin film transistor for the drive circuit of an organic EL device especially, since the organic EL device which is a light emitting device is a current drive.

[0008] Moreover, when using the nitride of a titanium system ingredient as a barrier metal, the titanium system ingredient film is formed and it is made to nitride first by heat-treating this titanium system ingredient film in nitrogen-gas-atmosphere mind. However, in the case of this heat treatment, the

hydrogen in a silicon thin film layer will be absorbed by the titanium system ingredient film with nitriding of the titanium system ingredient film. For this reason, the same problem as the case where a titanium system ingredient is used as a barrier metal arises.

[0009] As an approach of preventing this, although there is also the approach of forming the nitride of a titanium system ingredient directly by the membrane formation approach like a reactant spatter, it is remarkably difficult to obtain the nitride film of uniform membraneous quality by such approach.

[0010] Then, this invention aims at offering the manufacture approach of the thin film semiconductor equipment which can obtain the thin film transistor of the stable property, and the manufacture approach of a display of having the organic EL device in which the display stabilized by applying this approach is possible.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The manufacture approach of the thin film semiconductor equipment of this invention for attaining the above-mentioned purpose is characterized by carrying out as follows. First, the connection hole which attains the thin film transistor formed on the substrate in the silicon thin film layer of the thin film transistor concerned at a wrap insulator layer is formed, and the titanium system ingredient film is formed for the wall of the connection hole concerned on said insulator layer in the state of a wrap. Then, by heat-treating in nitrogen-gas-atmosphere mind, the titanium system ingredient film is nitrided from a front-face side, and a nitride is formed. And hydrogen gas is added in nitrogen-gas-atmosphere mind especially in this case. The wiring material film is formed on a nitride after more than.

[0012] Moreover, this invention is also the manufacture approach of the display which performs the process mentioned above, is connected to wiring which comes to carry out patterning of the titanium system ingredient film to a wiring material and a nitride pan further, and forms an organic EL device.

[0013] In case the titanium system ingredient film is nitrided by heat treatment in nitrogen-gas-atmosphere mind, according to the above manufacture approaches, hydrogen is supplied to the titanium system ingredient film by adding hydrogen gas out of a heat treatment ambient atmosphere into nitrogen-gas-atmosphere mind. For this reason, sucking of the hydrogen from a silicon thin film layer to the titanium system ingredient film can be suppressed in the case of this heat treatment. Therefore, it sets to thin film semiconductor equipment equipped with the barrier metal which nitrided the titanium system ingredient film, the hydrogen concentration in the silicon thin film layer of a thin film transistor is secured, and the  $I_{ds}$  property of a thin film transistor is kept good.

[0014]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of the operation which applied the manufacture approach of this invention is explained to a detail in order of the process based on a drawing. In addition, in the following operation gestalten, the manufacture approach of thin film semiconductor equipment is explained, it continues at this and the manufacture approach of a display is explained.

[0015] First, as shown in drawing 1 (1), the silicon thin film layer 3 is formed through the 1st insulator layer 2 on the substrate 1 which has insulation, such as quartz glass and transparency glass ceramics. Under the present circumstances, silicon thin films, such as polish recon film or amorphous silicon film, are first formed by about 40nm thickness on the 1st insulator layer 2 according to low-temperature processes, such as a high density plasma-CVD method. Subsequently, on this silicon thin film, a resist pattern is formed by the lithography method and patterning of the silicon thin film is carried out by etching which used this resist pattern for the mask. By this, the silicon thin film 3 of a desired configuration is obtained. In addition, this silicon thin film layer 3 may be single-crystal-silicon film which is not limited to what consists of an amorphous silicon or polish recon, and is formed by the well-known approach. Moreover, suppose that patterning in subsequent processes is based on etching which used for the mask the resist pattern mentioned above, for example.

[0016] Next, the laminating of a silicon nitride film and the silicon oxide film is carried out one by one by a plasma-CVD method etc., and the 2nd insulator layer 4 is formed for the silicon thin film layer 3 on the

1st insulator layer 2 in the state of a wrap by this. This 2nd insulator layer 4 turns into gate dielectric film of a thin film transistor.

[0017] Then, the gate electrode 5 is formed on the 2nd insulator layer 4 in the condition of carrying out a laminating to the silicon thin film layer 3. The gate electrode 5 is formed by carrying out spatter membrane formation of the electric conduction film which consists of metallic materials in this case, for example, molybdenum / tantalum (Mo/Ta) alloy etc., from thickness 300 at about 400nm, and carrying out patterning of this electric conduction film.

[0018] Then, the 3rd insulator layer 7 is formed for this gate electrode 5 on the 2nd insulator layer 4 in the state of a wrap. Subsequently, the connection hole 8 is formed in the condition of exposing silicon thin film layer 3 part of the gate electrode 5 side to the 3rd insulator layer 7 and the 2nd insulator layer 4, respectively.

[0019] Next, source drain field 3a is formed in the silicon film membrane layer 3 of the pars basilaris ossis occipitalis of the connection hole 8 by the impurity diffusion from the connection holes 8, such as ion-implantation. Thereby, the thin film transistor 6 of a top gate mold is formed on a substrate 1. In addition, in the condition of having formed this connection hole 8, it will be in the condition that the natural oxidation film 9 was formed in the source drain field 3a front face of the silicon thin film layer 3 which constitutes the base of the connection hole 8.

[0020] As shown in drawing 1 (2) after more than, the titanium system ingredient film 11 is formed for the wall of the connection hole 8 in the state of concave. Suppose that it consists of a titanium system alloy which comes to add other metals to titanium and titanium, and this titanium system ingredient film 11 is consisted of titanium film here. Membrane formation of this titanium system ingredient film 11 decides to be carried out by the spatter excellent in the homogeneity within a field of thickness and membranous quality. Moreover, although the thickness of this titanium system ingredient film 11 is suitably chosen by the thermal resistance needed as a barrier metal, the workability as a barrier metal, and the transistor characteristics of the thin film transistor 6 needed here, it decides to be set as 50nm as an example here.

[0021] And the process explained using following drawing 2 (1) turns into a process peculiar to this invention. That is, it heat-treats in a nitrogen gas (N<sub>2</sub>) ambient atmosphere here to the titanium system ingredient film 11 formed at the above-mentioned process. Under the present circumstances, suppose that it heat-treats by adding hydrogen gas (H<sub>2</sub>) to nitrogen-gas-atmosphere mind. And the surface layer of the titanium system ingredient film 11 is nitrided, and a nitride 12 is formed. Moreover, by this heat treatment, in the pars basilaris ossis occipitalis of the connection hole 8, make the titanium system ingredient film 11 and its lower layer silicon thin film layer 3 react, the lower layer part of the titanium system ingredient film 11 is made to silicide-ize, and the silicide film 13 is formed.

[0022] In the above-mentioned heat treatment, hydrogen gas is added in nitrogen-gas-atmosphere mind so that the concentration of hydrogen gas may become the range which is 3atms(es)% - 5atms%. Suppose that it heat-treats while adjusting the amount of supply of the nitrogen gas in a heat treating furnace, and hydrogen gas into the nitrogen-gas-atmosphere mind of the inside in this case, for example, the heat treating furnace with which the substrate 1 has been arranged, so that hydrogen gas may be added by the above-mentioned density range.

[0023] Moreover, in case it heat-treats, the temperature up of the nitrogen-gas-atmosphere mind is carried out to heat treatment temperature with a programming rate quicker than a part for 25-degree-C/. By performing rapid heating of nitrogen-gas-atmosphere mind in the range of such a programming rate, rather than the occlusion rate of the hydrogen from the silicon thin film layer 3 to the titanium system ingredient film 11, heat treatment is advanced so that the silicide-ized rate of the titanium system ingredient film 11 may become quick. Moreover, in this case, when [ to a substrate 1 ] the effect of heat treatment is taken into consideration, it is desirable to make a programming rate into the following by 80-degree-C/. Furthermore, suppose the range of 250 degrees C - 420 degrees C, and that the heat treatment temperature in this case is preferably set up near 350 degree C. It becomes possible

to fully advance nitriding of the titanium in the titanium system ingredient film 11 by making heat treatment temperature into 250 degrees C or more. Moreover, heat treatment which eliminated the effect of the property and substrate 1 on a thin film transistor 6 can be performed by making heat treatment temperature into 420 degrees C or less.

[0024] Moreover, suppose that the heat treatment time amount after reaching predetermined heat treatment temperature is suitably chosen by the thickness and heat treatment temperature of the titanium system ingredient film 11. Under the present circumstances, in titanium system ingredient film 11 part located in the pars basilaris ossis occipitalis of the connection hole 8, it is desirable that sufficient heat treatment time amount for extent which is made to nitride that upper layer and forms a nitride 12 and with which that lower layer is silicide-ized on the other hand, the silicide film 13 is formed, and titanium system ingredient film 11 part does not remain in this part is set up. As such an example, the thickness of the formed titanium system ingredient film 11 is 50nm, and when heat treatment temperature is set as 350 degrees C, heat treatment time amount is set up in 60 minutes.

[0025] After heat-treating the titanium system ingredient film 11 as mentioned above and forming a nitride 12 in that upper layer, as shown in drawing 2 (2), the wiring 15 connected to source drain field 3a of a thin film transistor 6 through the nitride 12 formed in the surface layer of this titanium system ingredient film 11 is formed. This wiring 15 forms the aluminum film for example, on a nitride 12, and is formed by carrying out patterning of this aluminum film, a nitride 12, and the titanium nitride system ingredient film 11.

[0026] By the above, the wiring 15 connected to the thin film transistor 6 at this is formed, and thin film semiconductor equipment is obtained.

[0027] This thin film semiconductor equipment is used as a drive circuit of a display. The sectional view of the display which has the drive circuit which consisted of such thin film semiconductor equipment is shown in drawing 3. An organic EL device is used for this display as a light emitting device. Manufacture of this display continues at the production process of the thin film semiconductor equipment explained above, and performs the following processes.

[0028] First, after forming thin film semiconductor equipment according to the process explained using above-mentioned drawing 1 and above-mentioned drawing 2, the flattening insulator layer 31 is formed on this substrate 1; and the connection hole 32 which reaches this flattening insulator layer 31 at wiring 15 is formed.

[0029] Then, the lower electrode 33 connected to wiring 15 through the connection hole 32 is formed as an anode plate (or cathode) on the flattening insulator layer 31. In addition, when the display formed here is the transparency mold which takes out display light from a substrate 1 side, suppose that this lower electrode 33 is formed of a transparent material.

[0030] Next, pattern formation of the wrap insulator layer 34 is carried out for the periphery of this lower electrode 33. Moreover, on this insulator layer 34, pattern formation of the auxiliary wiring which omitted illustration here may be carried out.

[0031] Then, pattern formation of the organic electroluminescence layer 36 is completely carried out for the exposure of the lower electrode 33 in the state of a wrap on the lower electrode 33 exposed from the insulator layer 34. This organic electroluminescence layer 36 consists of two or more organic layers which contain an organic luminous layer at least, and is formed in opening of an insulator layer 34 of the vacuum evaporation from the mask (illustration abbreviation) arranged above a substrate 1.

[0032] It is in a wrap condition about the organic electroluminescence layer 36 and an insulator layer 34 after more than, and when an auxiliary electrode is formed, the up solid film-like electrode 37 is formed as cathode in the condition of having made it connecting with this auxiliary electrode. In addition, when the lower electrode 33 is formed as cathode, suppose that this up electrode 37 is formed as an anode plate. Furthermore, when the displays formed here are a substrate 1 and the top-face luminescence mold which takes out display light from the opposite side, suppose that this up electrode 37 is formed of a transparent material.

[0033] The organic EL device 38 which comes to pinch the organic electroluminescence layer 36 between an anode plate (lower electrode 33) and cathode (up electrode 37) as mentioned above is formed on the substrate 1 with which the thin film transistor 6 was formed. And the display which has the organic EL device 38 which formed the closure layer 38 on the up electrode 37 in the state of the wrap, and was connected to the thin film transistor 6 in this organic EL device 38 is completed.

[0034] In case the titanium system ingredient film 11 is nitrided by heat treatment in nitrogen-gas-atmosphere mind of having explained using drawing 2 (1) according to the manufacture approach explained above, hydrogen is supplied to the titanium system ingredient film 11 by adding hydrogen gas out of a heat treatment ambient atmosphere into nitrogen-gas-atmosphere mind. For this reason, sucking of the hydrogen from the silicon thin film layer 3 to the titanium system ingredient film 11 can be suppressed in the case of this heat treatment. Therefore, the hydrogen concentration in the silicon thin film layer 3 of a thin film transistor 6 is secured, and the current characteristic ( $I_{ds}$  property) of a thin film transistor 6 is kept good.

[0035] Consequently, although the contact resistance by which suppressed the reaction of the silicon thin film layer 3 and the aluminum of wiring 15, and attained detailed-ization, and it was stabilized between the silicon thin film layer 3 and wiring 15 by preparing a nitride as a barrier metal is secured, it becomes possible to obtain the thin film semiconductor equipment which has the thin film transistor excellent in the  $I_{ds}$  property.

[0036] Drawing 4 is a graph which shows the relation between the addition of the hydrogen gas in the process which forms a nitride 12, and  $I_{ds}$  of the formed thin film transistor. In addition, the relation between the addition of hydrogen gas and  $I_{ds}$  was shown here about the case where rapid heating (it is a part for 50-degree-C/about a programming rate) of the nitrogen-gas-atmosphere mind that hydrogen gas was added is carried out, and the case where it heats gradually (it is a part for 2-degree-C/about a programming rate). Moreover,  $I_{ds}$  was shown as phase contrast to  $I_{ds}$  of the thin film transistor formed without preparing barrier metal.

[0037] As shown in this graph, in the range whose amount of hydrogenation is 3atms(es)% - 5atms%, it was not based on the programming rate of nitrogen-gas-atmosphere mind, but maintaining  $I_{ds}$  at 50 percent - about one hundred percent of a thin film transistor without barrier metal was checked. Moreover, in the range of this amount of hydrogenation, it was checked that a thin film transistor with high one [ where the programming rate of nitrogen-gas-atmosphere mind is higher ]  $I_{ds}$  is obtained.

[0038] Moreover, as succeedingly explained using drawing 3, by forming an organic EL device 38 in the condition of making it connecting with a thin film transistor 6, a current drive will be carried out by the thin film transistor 6 by which  $I_{ds}$  was maintained at the high value, and this organic EL device 38 can prevent the fall of the brightness by degradation of  $I_{ds}$ .

[0039] Consequently, although a certain amount of brightness is secured, as mentioned above, detailed-ization of a thin film transistor can attain detailed-ization of pixel size, and the display in which a high definition display is possible can be obtained.

[0040] In addition, in the operation gestalt mentioned above, the case where a thin film transistor was a top gate mold was explained. However, the manufacture approach of the thin film semiconductor equipment of this invention and the manufacture approach of an indicating equipment can be similarly applied; when a thin film transistor is a bottom-gate mold, and they can acquire the same effectiveness.

[0041]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the manufacture approach of the thin film semiconductor equipment of this invention the configuration which adds hydrogen gas in nitrogen-gas-atmosphere mind in case the titanium system ingredient film on the silicon thin film layer which constitutes a thin film transistor is nitrided and a nitride is formed — \*\* — by having carried out The occlusion of the hydrogen from the silicon thin film layer to the titanium system ingredient film can be prevented, the hydrogen concentration in a silicon thin film layer can be secured, and the current characteristic ( $I_{ds}$  property) of a thin film transistor can be kept good. Consequently, although it has the



nitride which nitrided the titanium system ingredient film as a barrier metal, it becomes possible to obtain the thin film semiconductor equipment which has the thin film transistor excellent in the  $I_{ds}$  property. Since a nitride is prepared as a barrier metal, a reaction with the wiring material (aluminum) connected with a silicon thin film layer at this can be suppressed, and this semiconductor device can attain detailed-ization, and can secure the stable contact resistance with wiring and a silicon thin film layer.

[0042] Moreover, according to the manufacture approach of the display of this invention; the fall of the brightness of the organic EL device by degradation of  $I_{ds}$  of a thin film transistor can be prevented by connecting an organic EL device to the thin film transistor excellent in the  $I_{ds}$  property formed as mentioned above. Consequently, although a certain amount of brightness is secured, by detailed-ization of a thin film transistor, detailed-ization of pixel size can be attained and the display in which a high definition display is possible can be obtained.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

**[Brief Description of the Drawings]**

**[Drawing 1]** It is cross-section process drawing (the 1) showing manufacture of the thin film semiconductor equipment in an operation gestalt.

**[Drawing 2]** It is cross-section process drawing (the 2) showing manufacture of the thin film semiconductor equipment in an operation gestalt.

**[Drawing 3]** It is a sectional view for explaining manufacture of the display equipped with the thin film semiconductor equipment in an operation gestalt.

**[Drawing 4]** It is the graph which shows the relation of the addition of hydrogen gas and  $I_{ds}$  of a thin film transistor in heat treatment.

**[Description of Notations]**

1 [ — A thin film transistor, 7 / — The 3rd insulator layer, 8 / — A connection hole, 11 / — The titanium system ingredient film 12 / — A nitride, 15 / — Wiring, 38 / — Organic EL device ] — A substrate, 3 — A silicon thin film layer, 4 — The 2nd insulator layer, 6

---

[Translation done.]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-31588  
(P2003-31588A)

(43) 公開日 平成15年1月31日 (2003.1.31)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 L 21/336		G 0 9 F 9/30	3 3 8 3 K 0 0 7
G 0 9 F 9/30	3 3 8	H 0 1 L 21/28	3 0 1 R 4 M 1 0 4
H 0 1 L 21/28	3 0 1	H 0 5 B 33/10	5 C 0 9 4
21/3205		33/14	A 5 F 0 3 3
29/786		H 0 1 L 29/78	6 1 6 K 5 F 1 1 0
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-219304(P2001-219304)

(22) 出願日 平成13年7月19日 (2001.7.19)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 寺島 秀信

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100086298

弁理士 船橋 國則

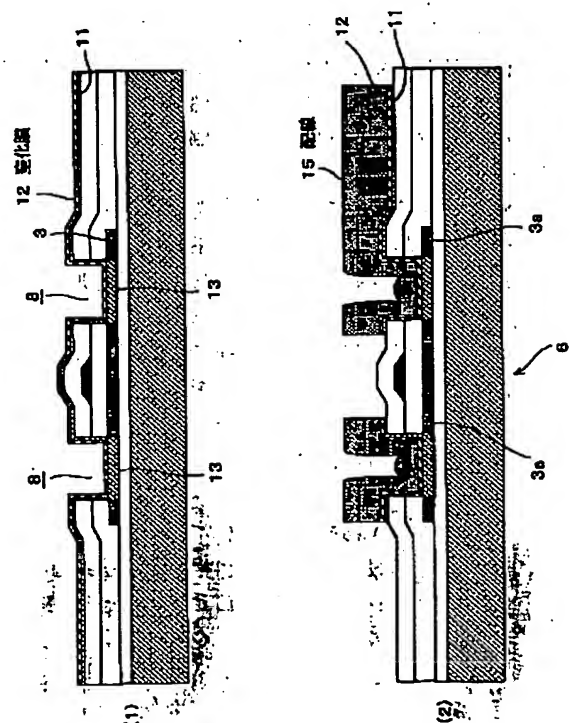
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜半導体装置の製造方法および表示装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 微細化に優位でかつ配線とのコンタクト抵抗が安定でありながらも I<sub>d</sub>s 特性に優れた薄膜トランジスタの製造方法を提供する。

【解決手段】 基板 1 上に形成された薄膜トランジスタ 6 を覆う第 2 絶縁膜 4 および第 3 絶縁膜 7 に、薄膜トランジスタ 6 のシリコン薄膜層 3 に達成する接続孔 8 を形成し、接続孔 8 の内壁を覆う状態で第 3 絶縁膜 7 上にチタン系材料膜 11 を成膜する。次いで、窒素ガス雰囲気中において熱処理を施すことによって、チタン系材料膜 11 を表面側から窒化させて窒化膜 12 を形成する。この際、窒素ガス雰囲気中に水素ガスを添加して熱処理を行う。その後、窒化膜 12 上に配線材料膜を成膜し、これをパターニングすることによって配線 15 を形成する。



(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に形成された薄膜トランジスタを覆う絶縁膜に、当該薄膜トランジスタのシリコン薄膜層に達成する接続孔を形成し、当該接続孔の内壁を覆う状態で前記絶縁膜上にチタン系材料膜を成膜する工程と、窒素ガス雰囲気中において熱処理を施すことによって、前記チタン系材料膜を表面側から窒化させて窒化膜を形成する工程と、前記窒化膜上に配線材料膜を成膜する工程とを行う薄膜半導体装置の製造方法において、前記窒化膜を形成する工程では、前記窒素ガス雰囲気中に水素ガスを添加することを特徴とする薄膜半導体装置の製造方法。

【請求項2】 請求項1記載の薄膜半導体装置の製造方法において、前記熱処理を施す際の窒素ガス雰囲気中には、前記水素ガスが3atms%～5atms%の割合で添加されることを特徴とする薄膜半導体装置の製造方法。

【請求項3】 請求項1記載の薄膜半導体装置の製造方法において、前記熱処理を施す際には、前記窒素ガス雰囲気を25℃/分よりも速い昇温速度で所定の熱処理温度に昇温することを特徴とする薄膜半導体装置の製造方法。

【請求項4】 請求項1記載の薄膜半導体装置の製造方法において、前記熱処理は、前記窒素ガス雰囲気を250℃～420℃の熱処理温度に昇温して行われることを特徴とする薄膜半導体装置の製造方法。

【請求項5】 基板上に形成された薄膜トランジスタを覆う絶縁膜に、当該薄膜トランジスタのシリコン薄膜層に達成する接続孔を形成し、当該接続孔の内壁を覆う状態で前記絶縁膜上にチタン系材料膜を成膜する工程と、窒素ガス雰囲気中において熱処理を施すことによって、前記チタン系材料膜を表面側から窒化させて窒化膜を形成する工程と、前記窒化膜上に配線材料膜をする工程と、前記配線材料およびチタン系材料膜をパターンニングしてなる配線に接続させて有機EL素子を形成する工程とを行う表示装置の製造方法において、前記窒化膜を形成する工程では、前記窒素ガス雰囲気中に水素ガスを添加することを特徴とする表示装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基板上に薄膜トランジスタを設けてなる薄膜半導体装置の製造方法および薄膜トランジスタに有機EL素子を接続させてなる表示装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】薄膜トランジスタ (thin film transist

or) を用いた駆動回路を有する表示装置においては、画像表示の高精細化が進展の進展に伴い、駆動回路を構成する薄膜トランジスタのさらなる微細化が要求されている。

【0003】ところで、薄膜トランジスタを備えた薄膜半導体装置においては、薄膜トランジスタのシリコン薄膜層に接続させるプラグ材料として、加工が容易であり、かつシリコンとの安定したコンタクトが実現できることを理由として、アルミニウム合金系の材料が用いられてきた。しかし、アルミニウムとシリコンとの反応性が非常に高いため、プラグ形成の際には、コンタクト部分に幅広のAl-Si反応層が形成されることになる。このため、形成されるAl-Si反応層の幅よりもシリコン薄膜層におけるソース・ドレイン幅が広がるように、薄膜トランジスタを設計する必要がある、これが薄膜トランジスタの微細化を制限する要因になっていた。

【0004】また、接続孔の底部に露出させたシリコン薄膜層表面の自然酸化膜の制御も困難であり、自然酸化膜が厚い部分ではコンタクト抵抗が大きく、一方、自然酸化膜が薄い部分では過剰なAl-Si反応が発生することになる。このため、コンタクト抵抗を一定の値にすることが著しく困難であった。

【0005】そこで、チタンやチタン系合金などのチタン系材料や、これらのチタン系材料の窒化物をバリアメタルとして用いることで、シリコン薄膜層内へのアルミニウムの拡散およびAl-Si反応層の拡大を防止する技術が提案され、実施されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところが、バリアメタルとしてチタン系材料を用いた場合には、チタン自体が水素を著しく吸蔵する物質である。このため、シリコン薄膜層中の水素がチタン系合金からなるバリアメタルに吸収されてシリコン薄膜層中の水素が消失し、薄膜トランジスタの電流(I<sub>ds</sub>)特性を著しく劣化させると行った問題が発生する。

【0007】特に、有機EL素子の駆動回路に薄膜トランジスタを用いた表示装置においては、発光素子である有機EL素子が電流駆動であるため、薄膜トランジスタのI<sub>ds</sub>が劣化すると、有機EL素子の輝度が低下し、安定した表示を行うことができなくなる。

【0008】また、バリアメタルとしてチタン系材料の窒化物を用いる場合には、先ず、チタン系材料膜を形成し、このチタン系材料膜を窒素ガス雰囲気中において熱処理することによって窒化させている。ところが、この熱処理の際には、チタン系材料膜の窒化とともに、シリコン薄膜層中の水素がチタン系材料膜に吸収されてしまう。このため、チタン系材料をバリアメタルとして用いる場合と同様の問題が生じる。

【0009】これを防止する方法として、反応性スパッタのような成膜方法によってチタン系材料の窒化物を直

(3)

接成膜する方法もあるが、このような方法では均一な膜質の窒化物膜を得ることは著しく困難である。

【0010】そこで、本発明は、安定した特性の薄膜トランジスタを得ることが可能な薄膜半導体装置の製造方法、およびこの方法を適用することで安定した表示が可能な有機EL素子を有する表示装置の製造方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明の薄膜半導体装置の製造方法は、次のように行うことを特徴としている。先ず、基板上に形成された薄膜トランジスタを覆う絶縁膜に、当該薄膜トランジスタのシリコン薄膜層に達成する接続孔を形成し、当該接続孔の内壁を覆う状態で前記絶縁膜上にチタン系材料膜を成膜する。その後、窒素ガス雰囲気中において熱処理を施すことによって、チタン系材料膜を表面側から窒化させて窒化膜を形成する。そして、特にこの際、窒素ガス雰囲気中に水素ガスを添加する。以上の後、窒化膜上に配線材料膜を成膜する。

【0012】また本発明は、上述した工程を行い、さらに配線材料および窒化膜さらにはチタン系材料膜をパターンニングしてなる配線に接続させて、有機EL素子を形成する表示装置の製造方法でもある。

【0013】以上のような製造方法によれば、窒素ガス雰囲気中における熱処理によってチタン系材料膜を窒化させる際に、窒素ガス雰囲気中に水素ガスを添加することにより、熱処理雰囲気中からチタン系材料膜に対して水素が供給される。このため、この熱処理の際に、シリコン薄膜層からチタン系材料膜への水素の吸い上げを抑えることができる。したがって、チタン系材料膜を窒化させたバリアメタルを備えた薄膜半導体装置において、薄膜トランジスタのシリコン薄膜層中における水素濃度が確保され、薄膜トランジスタの $I_{ds}$ 特性が良好に保たれる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の製造方法を適用した実施の形態を、図面に基づいてその工程順に詳細に説明する。尚、以下の実施形態においては、薄膜半導体装置の製造方法を説明し、これに引き続いて表示装置の製造方法を説明する。

【0015】先ず、図1(1)に示すように、石英ガラス、透明性結晶化ガラス等の絶縁性を有する基板1上に、第1絶縁膜2を介してシリコン薄膜層3を形成する。この際、先ず、高密度プラズマCVD法等の低温プロセスにより、第1絶縁膜2上にポリシリコン膜またはアモルファスシリコン膜等のシリコン薄膜を、40nm程度の膜厚で形成する。次いで、このシリコン薄膜上に、リソグラフィ法によってレジストパターンを形成し、このレジストパターンをマスクに用いたエッチングによってシリコン薄膜をパターンニングする。これによ

て、所望の形状のシリコン薄膜3を得る。尚、このシリコン薄膜層3は、アモルファスシリコンやポリシリコンからなるものに限定されることなく、公知の方法によって形成される単結晶シリコン膜であっても良い。また、以降の工程におけるパターンニングは、例えば上述したレジストパターンをマスクに用いたエッチングによることとする。

【0016】次に、プラズマCVD法などにより、窒化シリコン膜と酸化シリコン膜とを順次積層し、これによってシリコン薄膜層3を覆う状態で、第1絶縁膜2上に第2絶縁膜4を形成する。この第2絶縁膜4は、薄膜トランジスタのゲート絶縁膜となる。

【0017】その後、第2絶縁膜4上に、シリコン薄膜層3に積層させる状態で、ゲート電極5を形成する。この際、例えば、モリブデン/タantal (Mo/Ta) 合金等の金属材料からなる導電膜を、厚さ300から400nm程度にスパッタ成膜し、この導電膜をパターンニングすることによって、ゲート電極5を形成する。

【0018】その後、このゲート電極5を覆う状態で、第2絶縁膜4上に第3絶縁膜7を形成する。次いで、第3絶縁膜7および第2絶縁膜4に、ゲート電極5脇のシリコン薄膜層3部分をそれぞれ露出させる状態で、接続孔8を形成する。

【0019】次に、イオン注入法などの接続孔8からの不純物拡散によって、接続孔8の底部のシリコン薄膜層3にソース・ドレイン領域3aを形成する。これにより、基板1上に、トップゲート型の薄膜トランジスタ6が形成される。尚、この接続孔8を形成した状態においては、接続孔8の底面を構成するシリコン薄膜層3のソース・ドレイン領域3a表面に自然酸化膜9が形成された状態となる。

【0020】以上の後、図1(2)に示すように、接続孔8の内壁を凹状態で、チタン系材料膜11を形成する。このチタン系材料膜11は、チタンや、チタンに対して他の金属を添加してなるチタン系合金からなり、ここではチタン膜からなることとする。このチタン系材料膜11の成膜は、膜厚および膜質の面内均一性に優れたスパッタ法によって行われることとする。また、このチタン系材料膜11の膜厚は、バリアメタルとして必要とされる耐熱性、バリアメタルとしての加工性、およびここで必要とされる薄膜トランジスタ6のトランジスタ特性によって適宜選択されるが、ここでは一例として50nmに設定されることとする。

【0021】そして次の図2(1)を用いて説明する工程が、本発明に特有の工程となる。すなわち、ここでは、前述の工程で形成したチタン系材料膜11に対して、窒素ガス( $N_2$ )雰囲気中において熱処理を施す。この際、窒素ガス雰囲気に対して水素ガス( $H_2$ )を添加して熱処理を行うこととする。そして、チタン系材料膜11の表面層を窒化させて窒化膜12を形成する。ま

(4)

5

たこの熱処理によって、接続孔8の底部においては、チタン系材料膜11とその下層のシリコン薄膜層3とを反応させ、チタン系材料膜11の下層部分をシリサイド化させてシリサイド膜13を形成する。

【0022】上記熱処理においては、水素ガスの濃度が3atms%～5atms%の範囲になるように、窒素ガス雰囲気中に水素ガスを添加する。この際、例えば、基板1が配置された熱処理炉内の窒素ガス雰囲気中に、上記濃度範囲で水素ガスが添加されるように、熱処理炉内の窒素ガスおよび水素ガスの供給量を調整しながら熱処理を行うこととする。

【0023】また、熱処理を施す際には、窒素ガス雰囲気中を25℃/分よりも速い昇温速度で熱処理温度に昇温する。このような昇温速度の範囲で窒素ガス雰囲気中の急速加熱を行うことによって、シリコン薄膜層3からチタン系材料膜11への水素の吸蔵速度よりも、チタン系材料膜11のシリサイド化速度が速くなるように熱処理を進める。またこの際、基板1への熱処理の影響を考慮した場合、昇温速度を80℃/分以下とすることが好ましい。さらに、この際の熱処理温度は、250℃～420℃の範囲、好ましくは350℃付近に設定されることとする。熱処理温度を250℃以上とすることで、チタン系材料膜11におけるチタンの窒化を十分に進めることが可能になる。また、熱処理温度を420℃以下とすることで、薄膜トランジスタ6の特性および基板1への影響を排除した熱処理を行うことができる。

【0024】また、所定の熱処理温度に達してからの熱処理時間は、チタン系材料膜11の膜厚と熱処理温度とによって適宜選択されることとする。この際、接続孔8の底部に位置するチタン系材料膜11部分において、その上層を窒化させて窒化膜12を形成する一方その下層をシリサイド化してシリサイド膜13を形成し、この部分にチタン系材料膜11部分が残らない程度に十分な熱処理時間が設定されることが好ましい。このような一例として、成膜されたチタン系材料膜11の膜厚が50nmであり、熱処理温度を350℃に設定した場合には、熱処理時間は60分に設定される。

【0025】以上のようにしてチタン系材料膜11の熱処理を行い、その上層に窒化膜12を形成した後、図2(2)に示すように、このチタン系材料膜11の表面層に形成された窒化膜12を介して薄膜トランジスタ6のソース・ドレイン領域3aに接続された配線15を形成する。この配線15は、例えば、窒化膜12上にアルミニウム膜を成膜し、このアルミニウム膜と窒化膜12および窒化チタン系材料膜11とをパターニングすることによって形成される。

【0026】以上によって、薄膜トランジスタ6とこれに接続させた配線15を形成して薄膜半導体装置を得る。

【0027】この薄膜半導体装置は、例えば表示装置の

6

駆動回路として用いられる。図3には、このような薄膜半導体装置で構成された駆動回路を有する表示装置の断面図を示す。この表示装置は、有機EL素子を発光素子として用いたものである。この表示装置の製造は、以上説明した薄膜半導体装置の製造工程に引き続き、次のような工程を行う。

【0028】まず、上述の図1および図2を用いて説明した工程によって薄膜半導体装置を形成した後、この基板1上に平坦化絶縁膜31を形成し、この平坦化絶縁膜31に、配線15に達する接続孔32を形成する。

【0029】その後、平坦化絶縁膜31上に、接続孔32を介して配線15に接続された下部電極33を陽極（または陰極）として形成する。尚、ここで形成する表示装置が基板1側から表示光を取り出す透過型である場合には、この下部電極33は透明材料によって形成されることとする。

【0030】次に、この下部電極33の周縁を覆う絶縁膜34をパターン形成する。また、この絶縁膜34上には、ここでの図示を省略した補助配線をパターン形成しても良い。

【0031】その後、絶縁膜34から露出した下部電極33上に、下部電極33の露出面を完全に覆う状態で有機EL層36をパターン形成する。この有機EL層36は、少なくとも有機発光層を含む複数の有機層からなり、基板1の上方に配置したマスク（図示省略）上からの蒸着によって、絶縁膜34の開口部に形成される。

【0032】以上の後、有機EL層36および絶縁膜34を覆う状態で、また補助電極を形成した場合にはこの補助電極に接続させた状態で、ベタ膜状の上部電極37を陰極として成膜する。尚、下部電極33が陰極として形成されている場合には、この上部電極37は陽極として形成されることとする。さらに、ここで形成する表示装置が基板1と反対側から表示光を取り出す上面発光型である場合には、この上部電極37は透明材料によって形成されることとする。

【0033】以上のようにして、陽極（下部電極33）と陰極（上部電極37）との間に有機EL層36を挟持してなる有機EL素子38を、薄膜トランジスタ6が形成された基板1上に形成する。そして、この有機EL素子38を覆う状態で、上部電極37上に封止層38を形成し、薄膜トランジスタ6に接続された有機EL素子38を有する表示装置を完成させる。

【0034】以上説明した製造方法によれば、図2

(1)を用いて説明した窒素ガス雰囲気中における熱処理によってチタン系材料膜11を窒化させる際に、窒素ガス雰囲気中に水素ガスを添加することにより、熱処理雰囲気中からチタン系材料膜11に対して水素が供給される。このため、この熱処理の際に、シリコン薄膜層3からチタン系材料膜11への水素の吸い上げを抑えることができる。したがって、薄膜トランジスタ6のシリコ

(5)

7

ン薄膜層3中における水素濃度が確保され、薄膜トランジスタ6の電流特性( $I_{ds}$ 特性)が良好に保たれる。

【0035】この結果、バリアメタルとして窒化膜を設けることで、シリコン薄膜層3と配線15のアルミニウムとの反応を抑えて微細化を達成し、かつシリコン薄膜層3と配線15との間の安定したコンタクト抵抗を確保しつつも、 $I_{ds}$ 特性に優れた薄膜トランジスタを有する薄膜半導体装置を得ることが可能になる。

【0036】図4は、窒化膜12を形成する工程における水素ガスの添加量と、形成された薄膜トランジスタの $I_{ds}$ との関係を示すグラフである。尚、ここでは、水素ガスが添加された窒素ガス雰囲気、急速加熱(昇温速度を50℃/分)した場合と、徐々に加熱(昇温速度を2℃/分)した場合とに関して、水素ガスの添加量と $I_{ds}$ との関係を示した。また、 $I_{ds}$ は、バリアメタルを設けずに形成した薄膜トランジスタの $I_{ds}$ に対する相対比として示した。

【0037】このグラフに示すように、水素添加量が3atms%~5atms%の範囲では、窒素ガス雰囲気中の昇温速度によらず、バリアメタルなしの薄膜トランジスタの5割~10割程度に $I_{ds}$ を保たれることが確認された。また、この水素添加量の範囲では、窒素ガス雰囲気中の昇温速度が高い方が、 $I_{ds}$ が高い薄膜トランジスタが得られることが確認された。

【0038】また、引き続き図3を用いて説明したように、薄膜トランジスタ6に接続させる状態で有機EL素子38を形成することで、この有機EL素子38は $I_{ds}$ が高い値に保たれた薄膜トランジスタ6によって電流駆動されることになり、 $I_{ds}$ の劣化による輝度の低下を防止することができる。

【0039】この結果、ある程度の輝度を確保しつつも、上述したように薄膜トランジスタの微細化によって画素サイズの微細化を達成でき、高精細な表示が可能な表示装置を得ることができる。

【0040】尚、上述した実施形態においては、薄膜トランジスタがトップゲート型である場合を説明した。しかし、本発明の薄膜半導体装置の製造方法および表示装置の製造方法は、薄膜トランジスタがボトムゲート型である場合にも同様に適用可能であり、同様の効果を得ることができる。

8

【0041】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の薄膜半導体装置の製造方法によれば、薄膜トランジスタを構成するシリコン薄膜層上のチタン系材料膜を窒化させて窒化膜を形成する際に、窒素ガス雰囲気中に水素ガスを添加する構成をとしたことで、チタン系材料膜へのシリコン薄膜層からの水素の吸蔵を防止して、シリコン薄膜層中における水素濃度を確保し、薄膜トランジスタの電流特性( $I_{ds}$ 特性)を良好に保つことができる。この結果、チタン系材料膜を窒化させた窒化膜をバリアメタルとして備えつつも、 $I_{ds}$ 特性に優れた薄膜トランジスタを有する薄膜半導体装置を得ることが可能になる。この半導体装置は、バリアメタルとして窒化膜が設けられたものであるため、シリコン薄膜層とこれに接続される配線材料(アルミニウム)との反応が抑えられて微細化を達成することができ、かつ配線とシリコン薄膜層との安定したコンタクト抵抗を確保することができる。

【0042】また本発明の表示装置の製造方法によれば、上述のようにして形成された $I_{ds}$ 特性に優れた薄膜トランジスタに対して、有機EL素子を接続させることで、薄膜トランジスタの $I_{ds}$ の劣化による有機EL素子の輝度の低下を防止することができる。この結果、ある程度の輝度を確保しつつも、薄膜トランジスタの微細化によって画素サイズの微細化を達成でき、高精細な表示が可能な表示装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態における薄膜半導体装置の製造を示す断面工程図(その1)である。

【図2】実施形態における薄膜半導体装置の製造を示す断面工程図(その2)である。

【図3】実施形態における薄膜半導体装置を備えた表示装置の製造を説明するための断面図である。

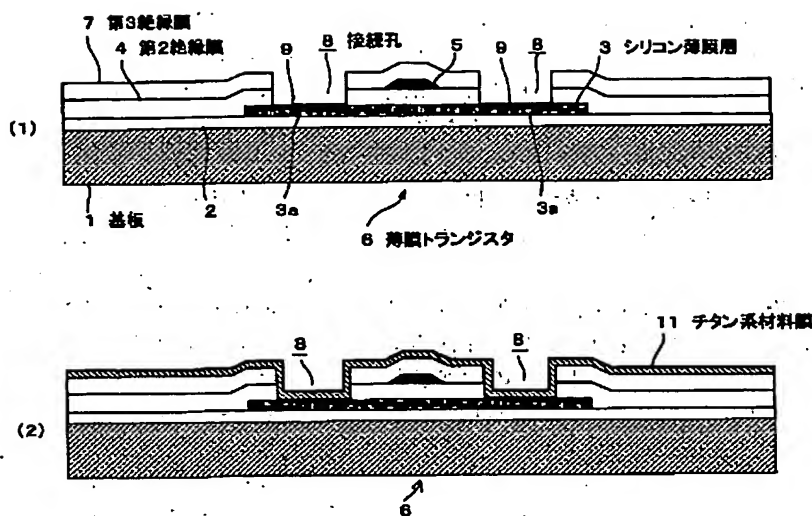
【図4】熱処理における水素ガスの添加量と薄膜トランジスタの $I_{ds}$ との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

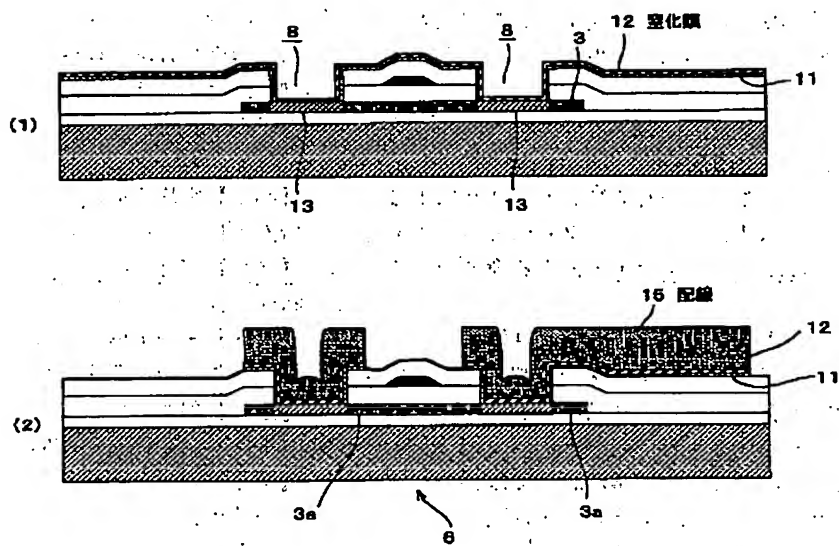
1…基板、3…シリコン薄膜層、4…第2絶縁膜、6…薄膜トランジスタ、7…第3絶縁膜、8…接続孔、11…チタン系材料膜、12…窒化膜、15…配線、38…有機EL素子

(6)

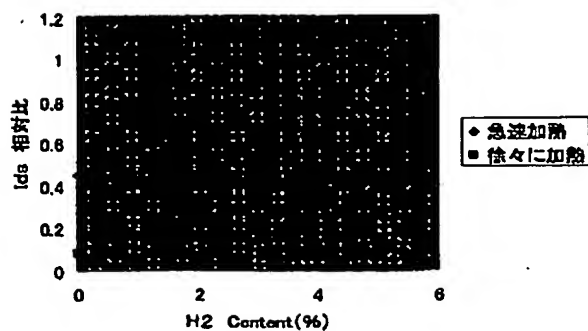
【図1】



【図2】

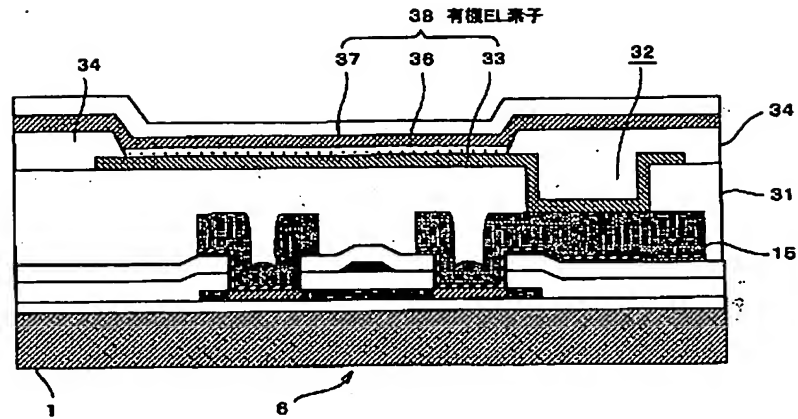


【図4】



(7)

【図3】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

H05B 33/10  
33/14

識別記号

F I

H01L 29/78  
21/88

テーマコード\* (参考)

616U  
R

Fターム(参考) 3K007 AB11 AB17 EB00 FA01 FA03  
4M104 AA09 BB14 CC01 DD26 DD79  
DD84 DD86 DD89 FF18 FF22  
GG09  
5C094 AA05 AA21 BA03 BA29 CA19  
DA14 DA15 DB04 EA04 EA07  
EB02  
5F033 HH08 HH18 HH33 JJ08 JJ18  
JJ27 JJ33 KK04 KK05 MM08  
MM13 NN06 NN07 PP15 QQ37  
QQ58 QQ65 QQ70 QQ73 QQ78  
VV15 WW03 WW04  
5F110 AA14 CC02 CC07 CC08 DD02  
DD03 DD11 DD12 EE06 FF02  
FF03 FF09 GG02 GG12 GG13  
GG15 GG25 GG45 HJ13 HL01  
HL03 HL05 HL12 HL23 HL26  
NN02



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**